

DETERMINACIÓN DE MECANISMOS DE DESLIZAMIENTOS EN AREAS URBANIZADAS DE LA SIERRA DE LAS APRETADERAS, TÉRMINO DE ALCUZCUZ, BENAHAVÍS, MÁLAGA.

**I. MENENDEZ PIDAL^{1*}, E. SANZ PEREZ¹, A. LOMOSCHITZ MORA- FIGUEROA²
y L. JIMENEZ DONAIRE¹**

¹Laboratorio de Geología Aplicada. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, C. y P. Ciudad Universitaria, s/n.
Universidad Politécnica de Madrid
impidal@caminos.upm.es

²Departamento de Ingeniería Civil
Escuela de Ingenierías Industriales y Civiles, Campus Universitario de Tafira.
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria

RESUMEN

La naturaleza intrínseca del material mantiene una estrecha relación con el tipo de inestabilidad. El trabajo recoge la experiencia en la determinación de mecanismo de deslizamientos en el área de la Sierra de Las Apertaderas, término de Alcuézar, en Benahavís, Málaga. La intensa urbanización de amplias áreas serranas conlleva la transformación del medio a través de la construcción de infraestructuras de comunicación y extensas áreas residenciales y la interacción de dichas construcciones con el medio provoca a menudo el desencadenamiento de siniestros relacionados con los deslizamientos de ladera en ocasiones poco sospechosos. El trabajo que se presenta recoge la experiencia de un siniestro acaecido bajo estas circunstancias y provocando numerosos daños materiales en edificaciones de lujo e infraestructuras anejas.

Se concluyen que las características del macizo rocoso en lo referente a la esquistosidad, mineralogía y tectónica hacen que sea muy susceptible de presentar zonas alteradas, suelos eluviales y coluviales. Así ocurre en la zona de estudio donde los esquistos, filitas y los posibles gneises biotíticos conforman el sustrato rocoso. Dichos coluviones son susceptibles de deslizamiento especialmente cuando se encuentran sometidos a intensa urbanización especialmente descarnamientos, eliminación de la cobertura vegetal y deforestación así como la nivelación de parcelas y plataformas de carreteras y caminos mediante la ejecución de banquetes y rellenos de material diferente al sustrato alterado.

Durante la investigación se han tomados datos y observaciones de varios deslizamientos del área contemplada especialmente de los acaecidos tras el invierno andaluz de 2010 en el que las precipitaciones fueron de carácter extraordinario. Como ejemplo paradigma de los mecanismos de deslizamiento se examina y se caracteriza geomecánicamente uno de ellos que llega a producir cuantiosos daños materiales.

Se determina en el trabajo la dinámica de la inestabilidad mediante el tamaño, forma y grado de madurez del suelo deslizado, su proporción de arena y arcilla y el contenido de agua. Estas tres condiciones –textura granulométrica, contenido en agua y madurez mineralógica- se dan en nuestro caso en el coluvión y eluvial deslizado y constituyen el factor dominante de la estabilidad implicando también la estructura del macizo rocoso. Como factores desencadenantes de la inestabilidad se estudian las obras afectas sobre el coluvial así como las precipitaciones en los meses anteriores al movimiento concluyendo con el enunciado de una serie de condiciones y criterios de diseño que minimizan los riesgos en el área ámbito de estudio.

1. INTRODUCCIÓN

Son cada vez más numerosos los trabajos de geomorfología aplicada a las infraestructuras y al urbanismo derivados de un mejor dominio ingenieril y conocimiento científico de diferentes procesos activos especialmente de los deslizamientos de ladera. La introducción de la Geomática ha simplificado y coadyuvado enormemente a estos estudios. (Chacón, J. et al. 2002; Fernández, T. et al. 1996; Fernández, T. 2001; Menendez Pidal et al. 2011). El trabajo aporta aplicaciones prácticas derivadas del estudio de los deslizamientos en la zona del área de la Sierra de Las Apretaderas, término de Alcuzcuz, en Benahavís, Málaga. Estas aplicaciones se refieren a criterios de diseño que disminuyan los riesgos de deslizamientos provocados por la transformación del medio natural. La construcción de infraestructuras de comunicación y la urbanización de extensas áreas residenciales de baja densidad provocan desequilibrios poco sospechosos a priori (Irigaray C. and Chacón J., 1991). El trabajo demuestra que la interacción de dichas construcciones con el medio natural activo pueden desencadenar siniestros de deslizamientos de ladera en ocasiones poco esperables.

Por último, recoge la experiencia de un siniestro acaecido bajo estas circunstancias provocando numerosos daños materiales en edificaciones de lujo e infraestructuras anejas. Esta experiencia se manifiesta en la propuesta de criterios de diseño genéricos para la zona de estudio y extrapolables a casos similares (Chacón, 1988)

2 CONTEXTO GEOLOGICO DE LA ZONA Y FOTOINTERPRETACIÓN.

La zona se centra en las Zonas Internas Béticas, concretamente en el apilamiento antiformal de unidades tectónicas superpuestas denominadas en secuencia estratigráfica de más antiguo a más moderno como Complejo Nevado-Filábride, Complejo Alpujárride y Complejo Maláguide.

Afloran los materiales correspondientes al Complejo Alpujárride superior compuesto por gneises granitoides, micaesquistos y cuarcitas, mármoles y las peridotitas, emplazadas posteriormente y que afectan a todo el conjunto (Vera J.A, 2004):

- Los micaesquistos y cuarcitas se presentan en colores oscuros o pardos con bandeados milimétricos de arenisca y biotitas, observándose en la zona de Benahavis niveles carbonatados. La fuerte alteración de esta unidad le confiere un aspecto pardo-rojizo en afloramiento.
- Los mármoles dolomíticos cercanos a la zona de Benahavis proceden de la transformación de los niveles de carbonatos intercalados en los micaesquistos y en los gneises bandeados. Son mármoles de grano grueso de colores blancos y en algunos casos con fajas azuladas. En las zonas cercanas del mármol a la peridota la alteración produce la disgregación de este en arenas blanquecinas.
- Los gneises granitoides se presentan como rocas de aspecto granítico de color azulado en estado fresco y herrumbrosos en alteración. Los gneises granitoides yacen siempre en contacto con la peridotita formando una aureola de alteración muy definida alrededor.
- Peridotitas de Ronda: constituyen el afloramiento ultrabásico más occidental y más extenso de la provincia de Málaga y el mayor afloramiento del mundo en cuanto a rocas procedentes del manto litosférico subcontinental (Dickey et al., 1979), quedan incorporadas y afectan principalmente al Complejo Alpujárride Superior durante la orogenia Alpina. La proporción mineralógica principalmente es de harzburgitas, dunitas piroxénicas y lerzolitas.



Figura 1. Detalle hoja 1065 Marbella de la serie 2° Magna del Instituto Geológico y Minero de España sobre la que se ha realizado una fotointerpretación regional. En cuadrado rojo se señalan los materiales geológicos de interés para el deslizamiento estudiado. En punto rojo localización aproximada del deslizamiento estudiado.

Se ha procedido a realizar un encuadre y fotointerpretación regional en detalle sobre foto aérea, ver figura 1, a escala 1:33.000 de la zona de estudio para contextualizar el deslizamiento estudiado. De la fotointerpretación se obtienen las siguientes observaciones:

- En la zona de la peridotita la superficie presenta bastantes desmoronamientos e

inestabilidades dando acarcavamientos con redes de drenaje que resultan ser complejas, intermitentes y activas en época de lluvias.

- En las márgenes del río Guadalmina, en la zona de estudio, se observan en numerosas acumulaciones de materiales finos a modo de barras laterales. Son interpretadas como indicadores de lavado de materiales inestables por los que ha transcurrido el río y los aportes de la red de drenaje.
- La zona de mármoles queda bien localizada por la presencia muy clara de canteras de explotación y es más estable.

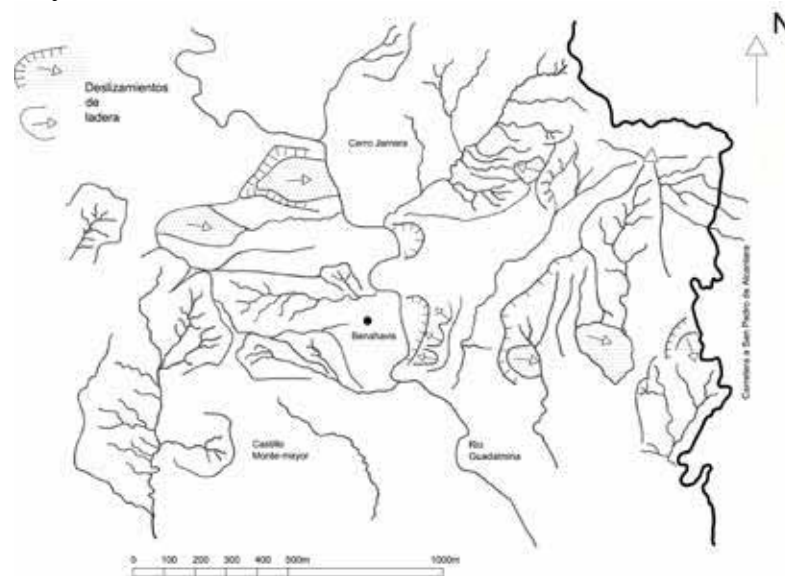


Figura 2. Esquema de la fotointerpretación realizada en la zona de estudio, señalando los deslizamientos más importantes identificados.

- En la zona de estudio se pueden localizar fallas y deslizamientos aún más importantes. Ver figura 2. Dichos deslizamientos -que presentan mayor escala que la del deslizamiento que ocupa este trabajo- se emplazan en las zonas asociadas a los materiales descritos como inestables, esto es, peridotitas, gneises granitoides y en los micaesquistos.
- La morfología de estos deslizamientos es muy similar en todos ellos. Se aprecia en la parte superior pequeños escarpes que dejan paredes verticales y en la parte inferior el material movilizado. En general, no resultan fáciles de identificar ya que su morfología aparece surcada por la red de aguas de escorrentía muy acusada que se instala posteriormente.
- En la localización del deslizamiento que ocupa este trabajo se puede encontrar un deslizamiento previo de mayor envergadura, tal y como se han descrito anteriormente.

4- DESCRIPCION DEL DESLIZAMIENTO Y METODOLOGÍA DE SU ESTUDIO

El deslizamiento objeto del trabajo está situado en la urbanización denominada La Zagaleta (Figura 3). Es un complejo urbanístico residencial de baja densidad y edificabilidad, muy respetuoso con el medio natural, que combina viviendas unifamiliares con actividades deportivas, especialmente el golf. Se encuentra en la carretera de San Pedro de Alcántara a Ronda, en la margen izquierda de la carretera A-376, en el Km. 38 de la misma y a unos 8,500 Km. desde el cruce de la autopista AP-7, Autopista del Sol.



Figura 3 . Situación del área de estudio, mostrando la margen izquierda del Guadalmina y la complejidad topográfica manifestada en los viales, cuyo trazado se adapta al terreno.

El movimiento se produjo en los primeros días del año 2010. Muy probablemente durante el mes de Enero. La principal manifestación de dicha inestabilidad ha sido la ruina y hundimiento de la vivienda situada en la parcela número G-28 (ver figuras 4, 5 y 7)

La orientación de la ladera es N-NO en la zona de estudio. La alternancia en la insolación, como la mayor permanencia de la humedad, mayor recepción de lluvias junto con una mayor rango de amplitud de temperaturas favorece la alteración del terreno. Dichas laderas, son profundas, agrestes, y drenan mediante incontables arroyos hacia el río Guadalmina por su margen izquierda, modelando un valle abierto a poniente y al sur de cierta amplitud.

La frecuencia del diaclasado junto con discontinuidades de tipo esquistoso provoca que dicha alteración sea más profunda, más activa y más importante, especialmente en los materiales esquistosos, peridotíticos y gnéisicos.

La pendiente es fuerte y muy fuerte, de entre 20 y 26° de media (ver figura 7). Posee numerosos rellanos y tripas a media ladera propicias para la construcción de caminos y zonas de paso, tal y como se ha establecido en la urbanización. Algunos de estos rellanos son irreconocibles y se confunden con las propias explanaciones de las calles actuales. La zona de

[illegible]

En el cuerpo deslizado existían numerosas grietas de salto cercano al metro cuando se realizó la primera visita y son sintomáticas del tipo de movimiento. Es muy corto en su longitud, el escarpe de la coronación de unos 3,00 metros cuando se visitó la zona, y abundan las grietas y crestas transversales.

En las grietas de la cabeza se descarnaba el sustrato rocoso alterado en filitas con discontinuidades de buzamientos próximos a 40° NW con una orientación similar a la de la ladera, N-30-E, y que forman con la pendiente topográfica -de unos 20° a 26° - un ángulo por debajo de 15° , por tanto con gran propensión al cabeceo y a la mayor alteración como se comprueba en la testificación de sondeos. La superficie de rotura se encuentra a 14,00 metros de la boca del sondeo SRV-1 (ver Figura 5) realizado en este trabajo. De las visitas realizadas y del reconocimiento geotécnico se estima en unos 60,00 metros de longitud y afecta a la totalidad de la longitud de la parcela G-28. De las lecturas del estudio inclinométrico realizado en este trabajo y tomadas durante el mes de mayo, se aprecia la dirección del movimiento hacia el norte con una orientación de unos 327° N. Esta dirección es predominante. Es también concordante con la dirección de la ladera, y con las de las juntas N-30-E.

Es muy notable la coloración del barro rojizo correspondiente al tramo de coluvial de la ladera. El volumen evacuado en la zona vaciada, puede estimarse en unos 5.000 m³. Y también, el coluvial estimado con los sondeos realizados y deslizado por debajo de la construcción es de unos 5.000 m³. Por tanto, se puede considerar que es ese coluvial el que ha fluido hundiendo la masa de relleno superior.

La velocidad medida no supera, desde su ocurrencia hasta la fecha de los reconocimientos, los 2,5 mm/día clasificándolo como lento en este periodo. Dada la información que tenemos las velocidades en sus primeros momentos debieron ser de varios centímetros a la hora, clasificándolo como rápido a moderado.

El estudio del deslizamiento se realizó con la siguiente base metodológica:

1. Realización de una campaña de investigación geotécnica para el estudio del deslizamiento de la parcela en mayo de 2010. Ver figura 5.
 - a. Registro de 2 sondeos rotativos verticales con recuperación continua de testigo., uno a 18 m instalado con tubería piezométrica y otro a 33 m instalado con tubería inclinométrica.
 - b. Ensayos S.P.T. de penetración dinámica en sondeo rotativo
 - c. Inclinometría, con una lectura inicial y otra de seguimiento o secundaria.
 - d. 7 Ensayos de penetración dinámica
 - e. Toma de muestras en sondeo rotativo, ensayos de laboratorio de suelo y agua.
 - f. Determinación del nivel freático
 - g. Estaciones geomecánicas, con determinación completa de su clasificación de Bieniawski.
2. Estudio de los datos de precipitación diaria de la estación 6069b y 6069x Benahavis (La Zagaleta) y Benahavís-La Zagaleta (automática Thies), respectivamente obtenidas de la Agencia Española de Meteorología.
3. Fotointerpretación oblicua aérea de la zona siniestrada mediante tomas realizadas en globo aerostático a más de 25 metros de altura.
4. Recopilación y estudio de toda la documentación existente en referencia a las obras

de urbanización y construcción de las edificaciones de interés geotécnico y estructural.

5. Análisis de su estabilidad y las causas de su desencadenamiento.



Figura 5. Situación de ensayos e instrumentación del presente trabajo.

5- DESCRIPCION GEOTECNICA Y ESTABILIDAD

Las características del macizo rocoso en lo referente a la esquistosidad, mineralogía y tectónica hacen que sea muy susceptible de presentar zonas alteradas, suelos eluviales y coluviales. Estos suelos coluviales son una mezcla de arcillas marrones y arenas de proporción variable. Posee fragmentos rocosos angulosos y subangulosos. Son heterométricos.

Material	Prof. esperada (m)	Meteorización	Rozamiento interno, cohesión y densidad	Características
Sustrato peridotítico	1,40 a 3,70 m	Muy meteorizado con grados V-IV.	30°-35°, 0,5 kgr/cm ² , 2,2 gr/cm ³	Color marrón gris verdoso con manchas y veteados, rojizos y negruzco
Gneis biotítico	1,40 a 3,70 m	Alterado en grado II-III.	30°-35°, 0,5 kgr/cm ² , 2,2 gr/cm ³	Color marrón gris
Coluvial y eluvial	1,30 a 3,70 m..	—	26°-15°, 0-0,1 kgr/cm ² , 1,9 gr/cm ³	Color rojizo

Tabla 1. Resumen de características geotécnicas más relevantes.

Debajo de este nivel se encuentran suelos de alteración, sin apenas transporte, de carácter eluvial. Son más arcillosos y menos arenosos. De color marrón rojizo y proceden de las

peridotitas, micaesquistos y filitas del sustrato en la mayoría de la parcela. En la zona superior se identifica un gneis biotítico. La potencia conjunta de ambos tramos de suelo oscila, antes de las obras, entre 1,30 a 3,70 metros. Los resultados finales se resumen en la tabla 1.

La construcción de la parcela se cimentaba superficialmente sobre un banco terraplenado de unos 4,00 metros de espesor, que regularizaba la pendiente de la parcela y dejaba el coluvial-eluvial a más profundidad. El conjunto, saturado, es inestable, dada la cohesión nula de la zona alterada y la pendiente de la misma. La infiltración fue decisiva y desencadenante de la estabilidad como se detalla a continuación.

4- INFLUENCIA DE LA PRECIPITACION

Climáticamente el área considerada está incluida en el llamado Mediterráneo de sotavento. La temperatura mediana anual es la más elevada de la Península, oscilando entre 18° C a 19° C. Las precipitaciones anuales oscilan entre 400 mm y 700 mm. El verano es extremadamente seco. El máximo pluviométrico se produce en invierno seguido del otoño. En los mapas de precipitaciones máximas se tienen entre las más altas de la costa malagueña.

Observando (Figura 6) las precipitaciones diarias de los máximos en 24 horas, el periodo de retorno supera los 10 años y muy verosímilmente mayor a los 25 años (obsérvense días con precipitaciones de 1.500 mm y 1.440 mm).

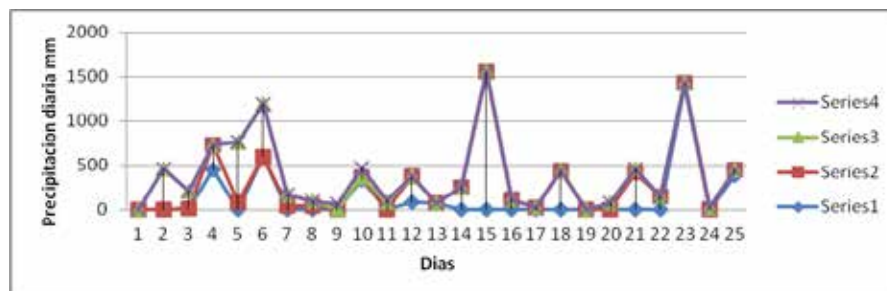


Figura 6. Series de precipitaciones diarias durante los meses de Enero (serie1) a Marzo (serie4) de 2010.

Si se observan las cifras acumuladas durante los meses de invierno (Diciembre a Marzo) éstas superan en tres o cuatro veces las acumuladas en los mismos meses de cualquiera de los últimos 10 años, es decir, son un 300% a 400% mayores, excepto el invierno 1996-97 (El Hamdouni et al. 1997; Lamas 1997) que son un 50% mayor que las de ese invierno (ver Tabla 2).

Mes 2009/2010	Precipitación mensual (mm) (estación Benahavís)
---------------	--

Diciembre	4.305
Enero	3.350
Febrero	3.811
Marzo	2.315

Tabla 2. Precipitaciones mensuales de la zona de estudio en el momento del deslizamiento

Todo ello conduce a pensar que la infiltración del terreno fue también superior en esa proporción.

Asimismo, como se describe en las condiciones geomorfológicas de este trabajo y con las pendientes medias del terreno en la parcela de 20°, con un tramo superior de pendiente de 26 a 27° y un inferior de 7 a 10°, con la vegetación existente y tipo de terreno descrito se establece un coeficiente de escorrentía de entre 0,50 para el tramo tendido y 0,55 para el tramo más inclinado. Es decir con una fuerte capacidad de infiltración. En términos cualitativos la mitad del volumen es susceptible de infiltrarse en los terrenos coluvial y alterado de la ladera y, si esta continúa, saturar el terreno. Sin entrar en consideraciones hidrogeológicas de almacenamiento y flujo y tras haber visitado la zona de estudio durante el mes de Febrero y Marzo, podemos asegurar que el terreno estaba saturado o próximo a la saturación: era imposible caminar en el tramo removido debido a su total encharcamiento y se seguían produciendo filtraciones (algunos litros por segundo) a través de la zona removida que drenaban hacia el camino inferior y la vaguada occidental de la parcela. Esta infiltración estaba favorecida por las grietas y debilidades del terreno (descarnes anteriores y deslizamientos más antiguos) y por ser una zona intensamente afectada por la acción humana: accesos e incluso desmontes y vaciados parciales.



Figura 7. Panorámica oblicua, tomada desde el NW, perpendicularmente a la ladera. Se observa la coloración del barro rojizo y llamativo corresponde al tramo de coluvial de la ladera que fluye sin resistencia y fluidificado junto con eluvial y tierra vegetal de la ladera.

Así pues, ante lluvias importantes y continuadas, como es nuestro caso, en un terreno donde la fracción arcillosa va incrementándose, hasta llegar a los gneises y peridotitas poco alterados, la infiltración y la escorrentía subterránea es decisiva y desencadenante de la inestabilidad. Las capas más inferiores del coluvión-eluvial acaban de saturarse con las consecuentes implicaciones en la resistencia al corte y por tanto en la estabilidad.

Aún más este efecto se verá incrementado por el efecto pistón que supone el relleno (estimado en unos 4,00 metros aproximadamente de media de la parcela sobre el coluvión) de regularización y cimentación superficial de la edificación. Con un desnivel de 15 m la presión intersticial pudo ser de 10 a 15 m.c.a.

Evidentemente el peso del mismo también habrá sido un factor condicionante de la inestabilidad con la geometría dada. Es de notar que la forma del desplazamiento se produce por un hundimiento de la zona de cabeza, indicando una rotación del movimiento y basculando -como se ve en las numerosas fotografías- el relleno hacia atrás. Este movimiento corrobora el efecto de tapón y de mayor peso del relleno en cabeza sobre el coluvión. Ver figura 7.

12. CONCLUSIONES

- Dada la sincronización del movimiento con la lluvia y la aparición de otros deslizamientos e inestabilidades similares en la misma zona, el factor desencadenante de la inestabilidad objeto del estudio es la lluvia infiltrada en el terreno.
- Los criterios de diseño que deben tenerse en cuenta en las zonas de las citadas características a urbanizar podrían, por tanto, ser sugeridos de esta forma:
 - o Con relación al ámbito urbanístico a considerar:
 - Reconocimiento geomorfológico previo orientado a la determinación de antiguos deslizamientos o bien susceptibilidad de éstos en el área a urbanizar.
 - En el caso de zonas ya construidas, implantación de sistemas de control y auscultación de las parcelas y edificaciones afectadas: velocidad angular, ritmos de movimientos, geometría, etc.
 - o Con relación a las parcelas:
 - Tratamiento in situ de los coluviales alterados en la zona a cimentar con objeto de paliar o anular su rotura por esfuerzos al corte.
 - Posibilidad de eliminación de coluviales si estos son de escasa potencia en las huellas de las edificaciones.
 - Prohibición de banqueos y terraplenados en zonas geométricamente desfavorables, especialmente en parcelas.
 - Prohibición de banqueos y terraplenados sobre coluviales no tratados.
 - o Con relación a los sistemas generales de infraestructuras (calles, redes, etc):
 - Drenaje superficial, especialmente en cabecera, de las laderas

urbanizadas.

- Drenaje profundo de parcelas cimentadas en coluvial o roca alterada.
- Alteración mínima de la topografía existente.
- Parcelación de la zona urbanizada atendiendo a criterios de susceptibilidad de deslizamientos y a criterios constructivos de las edificaciones consecuentes.

REFERENCIAS

- Chacón, J., 1988. Informe sobre los riesgos derivados de movimientos de ladera en Albuñuelas. Excmo. Ayuntamiento de Albuñuelas. Inédito.
- Chacón, J., Irigaray, C. Fernández, T. and El Hamdouni, R., 2002. Susceptibilidad a los movimientos de ladera en el sector central de la Cordillera Bética.. In: Ayala-Carcedo, F. J. y Corominas, J. (eds.) Mapas de susceptibilidad a los movimientos de ladera con técnicas SIG. Fundamentos y Aplicaciones en España. IGME. Madrid. 83-96.
- Dickey Jr, J. S., Obata, M. and Suen, C. J., 1979. Chemical differentiation of the lower lithosphere as represented by the Ronda ultramafic massif, southern Spain. *Physics and Chemistry of the Earth*, 11: 587-595.
- El Hamdouni, R., Irigaray, C., Fernández, T., Pérez Romero, J., Fernández del Castillo, T. and Chacón Montero, J., 1997. Exposición de riesgos derivados de los movimientos de ladera en el entorno de Albuñuelas, (Granada): incidencia de las lluvias de noviembre a enero de 1996/97. In: Alonso, E. Corominas, J. Chacón, J. Oteo, C. y Pérez, J. (eds.). *IV Simposio Nacional sobre taludes y laderas inestables*. Granada, pp. 15-26
- El Hamdouni, R., 2001. Estudio de movimientos de ladera en la cuenca del río Izbor mediante un SIG: contribución al conocimiento de la relación entre la tectónica activa e inestabilidad de vertientes. Master Thesis. Universidad de Granada. 429 pp.
- Fernández, T., 2001. Cartografía, análisis y modelado de la susceptibilidad a los movimientos de ladera en macizos rocosos mediante SIG: aplicación a diversos sectores del Sur de la provincia de Granada. Master thesis. Universidad de Granada, 648 pp.
- Fernández, T., Irigaray, C. and Chacón, J., 1996. Inventario de movimientos de ladera en el borde noreste de la Sierra de los Guájares (Granada) mediante un SIG. In: Chacón, J. and Irigaray, C. (eds.). *VI Congreso Nacional y Conferencia Internacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio: Riesgos Naturales, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente*. Granada. Vol. I, pp. 419-441
- IGME, 1978. Mapa Geológico de España Hoja 1065 MARBELLA. Memoria Explicativa. *Serv. Pub. Min. Ind. y Energía, IGME*. Madrid
- Irigaray, C. and Chacón, J., 1991. Los movimientos de ladera en el sector de Colmenar (Málaga). *Revista Sociedad Geológica de España*, 4: 203-214
- Lamas, F., El Hamdouni, R., Fernandez, T., Irigaray, C. and Chacón, J., 1997. Influencia de las lluvias medidas entre noviembre de 1996 y marzo de 1997 en la generación de movimientos de ladera en Andalucía Suroriental. In: Alonso, E. Corominas, J. Chacón, J. Oteo, C y Pérez, J. (eds.) *IV Simposio Nacional de Taludes y Laderas Inestables*. Granada. Vol. I, pp. 213-225.
- Menéndez Pidal, I., Marchamalo Sacristán, M., Sanz Pérez, E. and Martínez Marín, R., 2011. *Experiencia de integración curricular basada en el autoaprendizaje: geomática aplicada a la geología*. III Congreso internacional UNIVEST 2011. La autogestión del aprendizaje. Gerona.
- Vera, J. A. (Ed.), 2004. Geología de España. Sociedad Geológica de España; Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, ISBN: 84-7840-546-1.